

Енергозбереження та енергоефективність

1	2	3	4
Зниження енергоспоживання відносно поточного стану, %	38,4	39,0	44,8
Очікуваний клас енергетичної ефективності будівлі після модернізації огорожуючих конструкцій	D	E	E
Питоме енергоспоживання будівлі після облаштування ІТП з автоматичним регулюванням подачі тепла в залежності від погодних умов	64,08	67,18	62,29
Загальне зниження енергоспоживання відносно поточного стану, %	55,2	54,5	59,1
Очікуваний клас енергетичної ефективності будівлі після модернізації огорожуючих конструкцій та облаштування ІТП	B	C	C

Розрахунки питомого енергоспоживання будівлі показали, що найбільша економія енергії на утримання будівлі досягається за рахунок комплексного утеплення стін, найменша економія – за рахунок утеплення вхідних дверей. Це пояснюється частиною площі, що займає дана однорідна конструкція, у загальній площі огорожуючих конструкцій.

Висновки. За даними розрахунків питомого енергоспоживання будівлями бачимо, що модернізація огорожуючих конструкцій дає зниження споживання енергії на опалення будівлі від 38 до 45% відносно поточного стану будівлі. Найбільший внесок у це зниження дає комплексне утеплення стін будівлі, найменший – утеплення або заміна вхідних дверей.

Проте слід зауважити, що навіть при повній модернізації огорожуючих конструкцій у більшості будівель не досягається мінімально необхідний для будівель, що знаходяться в експлуатації, клас енергетичної ефективності С, у кращих випадках досягається клас D.

Для підвищення класу енергетичної ефективності та досягнення рівнів В і С необхідно виконувати також модернізацію інженерних мереж будівлі. Так, облаштування індивідуальних теплових пунктів (ІТП), що дозволяють в автоматичному режимі здійснювати регулювання подачі теплоносія в залежності від погодних умов, дозволяє разом з заходами з термомодернізації огорожуючих конструкцій досягти скорочення питомого енергоспоживання на 55-60% і досягти В та С класів енергетичної ефективності будівель.

Список літератури

1. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель.
2. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції.
3. Ратушняк Г.С. Оцінка доцільності підвищення термічного опору огорожуючих конструкцій багатоповерхових житлових будівель / Г.С. Ратушняк, А.М. Очеретний// Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016 - №6. Режим доступу: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/19464>.

УДК 622.418

М.В. Холоменюк,

(Україна, Дніпро, Державний вищий навчальний заклад "Національний гірничий університет")

ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВНУТРІШНІХ ПРОЦЕСІВ У ДЕТАНДЕРІ ПЕРЕСУВНОГО ПНЕВМОЕЛЕКТРИЧНОГО КОНДИЦІОНЕРА

Анотація. Досліджено вплив вологості стиснутого повітря на температуру потоку, розширеного в об'ємному детандері пневмоелектричного кондиціонера. Запропонована номограма для визначення фактичної температури розширеного вологого повітря за величиною очікуваної температури сухого повітря при його розширенні в детандері.

Ключові слова: кондиціонер пневмоелектричний, вологість стиснутого повітря, температура розширеного потоку.

Аннотація. *Исследовано влияние влажности сжатого воздуха на температуру потока, расширяющегося в объеме детандере пневмоэлектрического кондиционера. Предложена номограмма для определения фактической температуры расширяющегося влажного воздуха по величине ожидаемой температуры сухого воздуха при его расширении в детандере.*

Ключевые слова: *кондиционер пневмоэлектрический, влажность сжатого воздуха, температура расширяющегося потока.*

Annotation. *Influence of humidity of the compressed air is investigational on the temperature of stream, broadening in a volume detandere pnevmoelektricheskogo conditioner. A nomogram is offered for determination of actual temperature of broadening moist air on the size of the expected temperature of dry air at his expansion in detandere.*

Keywords: *conditioner of pnevmoelektricheskii, humidity of the compressed air, temperature of broadening stream.*

При необхідності локального охолодження атмосферного повітря, зокрема в привибійному просторі тупикових гірничих виробок глибоких шахт, дієвою альтернативою традиційним системам кондиціювання повітря, що будуються зазвичай на основі парокompресорних холодильних машин, можуть стати малогабаритні пересувні пневмоелектричні кондиціонери. Ці агрегати складаються з розширювальної машини – детандера, яка живиться з мережі стиснутого повітря. Навантаженням детандера є трифазний асинхронний короткозамкнений двигун, що працює в генераторному режимі. Електрична енергія, яка виробляється генератором, відводиться в живильну електричну мережу.

Холодильний ефект при роботі цих агрегатів досягається шляхом змішування струменя холодного повітря, що розширилося в детандері, з атмосферним повітрям у потрібному місці.

Головна відмінність кондиціонера полягає у відведенні ним енергії від об'єкта, що охолоджується, у вигляді електричної енергії, а не в формі тепла, як це відбувається у відомих аналогах. Завдяки цьому кондиціонер має малі габарити, що дозволяє розташовувати його безпосередньо в місці споживання виробленого холоду, та підвищує енергетичну ефективність за рахунок повернення більшої частини активної електричної енергії, витраченої на стискання повітря, у живильну електричну мережу.

Використання сучасних вискоефективних об'ємних детандерів робить ці агрегати конкурентними в порівнянні з іншими системами охолодження повітря, залишаючи їхню головну перевагу – виключну простоту та надійність.

Стиснуте повітря, що надходить до детандера, практично завжди насичене водяною парою. Охолодження розширюваного в детандері насиченого вологою повітря обумовлює зменшення його максимального паровмісту, що викличе випадіння вологи з повітря у вихідному патрубці детандера. Скрита теплота конденсації, що буде виділятися при цьому, сприйматиметься розширюваним повітрям і це викличе зростання температури вологого повітря на виході з детандера в порівнянні з температурою сухого розширеного повітря.

Це перевищення температури можна розрахувати за формулою

$$\Delta T = r(d_{H1} - d_{H2})c_p^{-1},$$

де ΔT – перевищення температури розширеного вологого повітря над температурою сухого, К; r – питома теплота конденсації водяної пари. Зважаючи на незначну різницю між значеннями теплоти конденсації водяної пари при різних температурах, у розрахунках приймаємо її сталою $r = 2500$ кДж/кг; d_{H1} і d_{H2} – паровміст насиченого вологого повітря у вхідному та вихідному патрубках детандера відповідно, кг/кг сухого повітря; c_p – ізобарна теплоємність сухого повітря. Приймаємо $c_p = 1$ кДж/(кг·К).

Падіння температури розширюваного вологого повітря нижче від 273 К приведе до замерзання вологи, яка випадає. Скрита теплота льодоутворення, що буде виділятися при цьому, теж буде передаватися до розширюваного потоку. Це обумовить ще більше перевищення його температури над температурою сухого повітря. Перевищення температури слід рахувати в цьому разі за формулою

$$\Delta T = (r + q)(d_{H1} - d_{H2})c_p^{-1},$$

де q – скрита теплота льодоутворення. $q = 334,11$ кДж/кг.

Паровміст насиченого повітря у вхідному патрубці детандера визначається за формулою

$$d_{H1} = 0,622 p_s (p_n - p_s)^{-1},$$

Енергозбереження та енергоефективність

де p_n – тиск стиснутого повітря на вході в детандер, Па; p_s – парціальний тиск пари в насиченому вологому повітрі, Па. Парціальний тиск визначається температурою цього повітря.

У детандері стиснуте повітря розширюється до атмосферного тиску $p_{атм}$, тому паровміст повітря на його виході береться з довідника залежно від кінцевої температури [1]. Приймаємо $p_{атм} = 101$ кПа.

Визначимо фактичну кінцеву температуру насиченого вологою повітря, що розширюється в детандері пневмоелектричного кондиціонера, $T_{кв}$, за величиною очікуваної температури сухого розширеного повітря $T_{кс}$. Для вирішення цього завдання побудуємо графік залежності

$$\Delta T = f(T_{кв}).$$

Робочий цикл сучасних роторних детандерів має фазу розширення, а частота обертання роторів становить 18000...20000 об/хв. Це дає підставу вважати розширення повітря в детандері адіабатним і визначити кінцеву температуру сухого розширеного повітря за рівнянням

$$T_{кс} = T_n \left(\frac{p_{атм}}{p_n} \right)^{\frac{k-1}{k}},$$

де T_n – початкова температура повітря; $k = 1,4$ – показник адіабати повітря.

Приймаємо тиск повітря на вході в детандер $p_n = 0,45$ МПа, його температуру $t_n = 40^\circ \text{C}$ ($T_n = 313 \text{ K}$). Тоді $T_{кс} = 204 \text{ K}$.

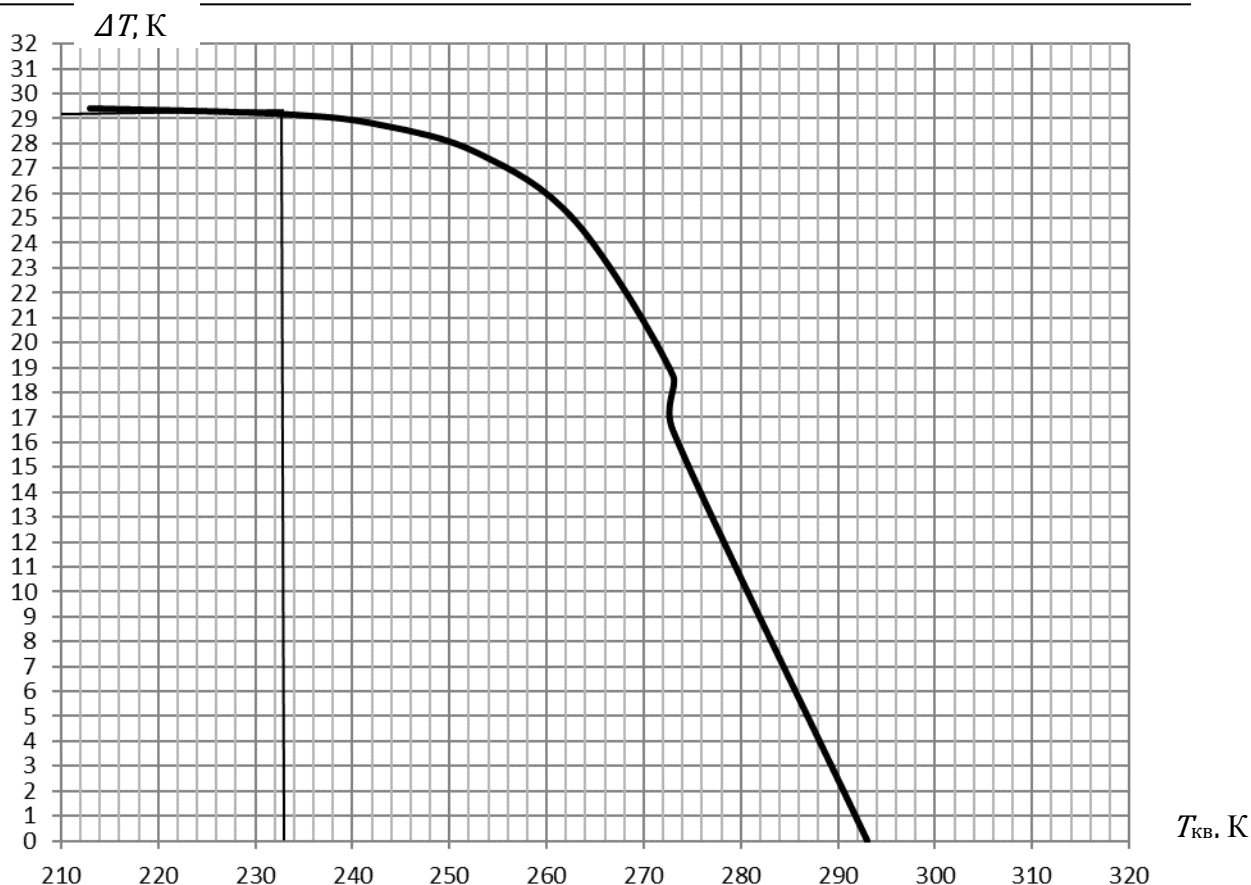
При $t_n = 40^\circ \text{C}$ $p_s = 7,3835$ кПа.

Для побудови графіка складемо таблицю.

$d_{н1} \cdot 10^3$, кг/кг сух. повітря	$T_{кв}$, К	$d_{н2} \cdot 10^3$, кг/кг сух. повітря	∇T , К
10,38	293	14,7448	0
	283	7,6556	6,81
	273п	3,7870	16,48
	273л	3,7867	18,69
	263	1,6047	24,87
	253	0,6366	27,61
	243	0,2342	28,75
	233	0,0791	29,19
	223	0,0241	29,35
	213	0	29,42
	203	0	29,42

Через відсутність даних про паровміст повітря при $t_{кв} < -50^\circ \text{C}$ ($T_{кв} < 223 \text{ K}$), приймаємо в цьому діапазоні температур $d_{н2} = 0$.

За даними таблиці будуємо графік залежності (1). Він наведений на рисунку.



Номограма для визначення кінцевої температури вологого повітря, що розширилося в детандері

Для визначення фактичної кінцевої температури насиченого вологого повітря, що розширилося в детандері, на побудованому графіку знаходимо точку з координатами $T_{\text{вз}} - \Delta T$, для якої різниця

$$T_{\text{вз}} - \Delta T = T_{\text{кв}}.$$

Температура $T_{\text{вз}}$ є відшукуванню.

Для прийнятих вихідних даних $T_{\text{вз}} = 233 \text{ K}$ або $t_{\text{вз}} = -40^\circ \text{ C}$.

Для цієї температури поправка становить близько $\Delta T = 29,19 \text{ K}$.

За розглянутою методикою можна визначити кінцеву температуру вологого повітря для будь-яких довільних вихідних даних.

Висновки

1. Виконаний аналіз вказує на суттєву залежність температури повітря, яке розширилося в детандері пневмоелектричного кондиціонера, від вологості стиснутого повітря, що надходить до детандера – перевищення температури волого розширеного повітря над очікуваною температурою сухого повітря при його розширенні може становити десятки градусів.

2. Різниця між фактичною температурою розширеного вологого повітря та очікуваною температурою сухого повітря при його розширенні в детандері залежить від початкових параметрів стиснутого повітря – від його тиску та температури.

Список літератури

1. Ривкин, С.Л. Теплофизические свойства воды и водяного пара: справочник / С.Л. Ривкин, А.А. Александров. – М.: Энергия, 1980. – 168 с.

Рекомендовано до друку: д-ром техн.наук, проф. Самусею В.І.